

89 14 123



PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales BüroINTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

<p>(51) Internationale Patentklassifikation ⁵ : H01J 37/32, 37/304, G01N 21/62 H01J 37/305</p>	<p>A1</p>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 90/12415 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 18. Oktober 1990 (18.10.90)</p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE90/00255 (22) Internationales Anmeldedatum: 31. März 1990 (31.03.90) (30) Prioritätsdaten: P 39 10 491.5 31. März 1989 (31.03.89) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): FRAUNHOFER GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [DE/DE]; Leonrodstr. 54, D-8000 München 19 (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HEINRICH, Friedhelm [DE/DE]; Rheingastr. 25, D-1000 Berlin 41 (DE). (74) Anwalt: MÜNICH, Wilhelm; Kanzlei, München, Steinmann, Schiller, Willibaldstr. 36, D-8000 München 21 (DE).</p>		<p>(81) Bestimmungsstaaten: AT (europäisches Patent), BE (europäisches Patent), CH (europäisches Patent), DE (europäisches Patent), DK (europäisches Patent), ES (europäisches Patent), FR (europäisches Patent), GB (europäisches Patent), IT (europäisches Patent), JP, LU (europäisches Patent), NL (europäisches Patent), SE (europäisches Patent), US. Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht.</p>
<p>(54) Title: PROCESS AND DEVICE FOR MONITORING ASSISTED ION MACHINING PROCESSES ON WAFERS</p>		
<p>(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR ÜBERWACHUNG VON IONEN-UNTERSTÜTZTEN BEARBEITUNGSVORGÄNGEN AN WAFERN UND VORRICHTUNG ZUR DURCHFÜHRUNG DES VERFAHRENS</p>		
<p>(57) Abstract</p>		
<p>A process and a device are useful for monitoring assisted ion machining processes on wafers in a process chamber. The process and device of the invention are a development of the known process and device, respectively. In order to determine the energy of the ions and/or the divergence of the ion beam, the red shift and/or the blue shift, due to reflection of particles on the surface of the wafer, of the emission lines of the gases present in the process chamber are determined.</p>		
<p>(57) Zusammenfassung</p>		
<p>Beschrieben werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Überwachung von Ionen-unterstützten Bearbeitungsvorgängen an Wafers in einer Prozesskammer. Erfindungsgemäß wird das bekannte Verfahren bzw. die bekannte Vorrichtung dadurch weitergebildet, daß zur Bestimmung der Energie der Ionen und/oder der Divergenz des Ionenstrahls die Rot-Verschiebung und/oder die sich durch Reflexion von Teilchen an der Wafer-Oberfläche ergebende Blau-Verschiebung von Emissionslinien von in der Prozesskammer vorhandenen Gasen bestimmt wird.</p>		

BENENNUNGEN VON "DE"

Bis auf weiteres hat jede Benennung von "DE" in einer internationalen Anmeldung, deren internationaler Anmeldetag vor dem 3. Oktober 1990 liegt, Wirkung im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland mit Ausnahme des Gebietes der früheren DDR.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	ES	Spanien	ML	Mali
AU	Australien	FI	Finnland	MR	Mauritanien
BB	Barbados	FR	Frankreich	MW	Malawi
BE	Belgien	GA	Gabon	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GB	Vereinigtes Königreich	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	RO	Rumänien
BJ	Benin	IT	Italien	SD	Sudan
BR	Brasilien	JP	Japan	SE	Schweden
CA	Kanada	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SN	Senegal
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SU	Sowjet Union
CG	Kongo	LI	Liechtenstein	TD	Tschad
CH	Schweiz	LK	Sri Lanka	TG	Togo
CM	Kamerun	LU	Luxemburg	US	Vereinigte Staaten von Amerika
DE	Deutschland, Bundesrepublik	MC	Monaco		
DK	Dänemark	MG	Madagaskar		

Verfahren zur Überwachung von Ionen-unterstützten Bearbeitungsverfahren an Wafern und Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens

B e s c h r e i b u n g

Technisches Gebiet

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Überwachung von Ionen-unterstützten Bearbeitungsvorgängen an Wafern in einer Prozeßkammer sowie auf eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

Stand der Technik

Ionen-unterstützte Bearbeitungsvorgänge werden sowohl zum Abtragen von Material als auch zum Auftragen von Material bzw. Beschichten von Halbleiter-, Metall-, Glas- oder Kunststoffsubstraten verwendet. Die vorstehend genannten Materialien werden im folgenden unter dem Begriff "Wafer" zusammengefaßt.

Bearbeitungsvorgänge, bei denen Material abgetragen wird, können beispielsweise reaktives Ionenätzen (reactive ion etching "RIE"), magnetisch verstärktes reaktives Ionenätzen (magnetically enhanced RIE "MERIE"), Triodenätzen, reaktives Ionenstrahlätzen (reactive ion beam etching "RIBE"), chemisch unterstütztes reaktives Ionenstrahlätzen (chemically assisted ion beam etching "CAIBE"), Ionenfräsen (ion milling) oder Sputtern sein.

Bei sämtlichen Ionen-unterstützten Bearbeitungsvorgängen ist es für die Bearbeitungsführung wesentlich, die Energie der Ionen und die Divergenz des Ionenstrahls zu kennen. Ferner ist es in einer Reihe von Fällen von Bedeutung, eine eventuelle Aufladung des Wafers zu erfassen, da gerade bei dünnen isolierenden Schichten schon eine geringe Aufladung zu Spannungsdurchbrüchen führen kann. Weiterhin ist es beispielsweise beim RIE erforderlich, "in-situ" die Ätzrate zu bestimmen bzw. eine "Endpunkt-Kontrolle" für den Bearbeitungsvorgang zu haben.

Die Ermittlung der vorstehend genannten Größen bzw. Bearbeitungsparameter ist gemäß dem Stand der Technik nur mit einer Reihe von unterschiedlichen Meßverfahren möglich, die gegebenenfalls in einer Prozeßkammer gleichzeitig verwendet werden müssen. So wird gegenwärtig die Divergenz des Ionenstrahls in der Regel mit "leitenden Bechern" gemessen (Strommessung). Die Anordnung der hierzu erforderlichen Meßvorrichtungen in einer Prozeßkammer "stört" aber den Ionenstrahl und damit den Bearbeitungs-vorgang. Die Schichtdicke dagegen wird in der Regel interferometrisch gemessen, so daß die Prozeßkammer so ausgelegt werden muß, daß der Einsatz beispielsweise eines Laserinterferometers möglich wird, vgl. z. B. die PCT-Anmeldung WO 88/07261. In dieser Druckschrift ist auch die Verwendung eines optischen Spektrometers zur chemischen Identifizierung der Reaktionsprodukte von der Oberfläche des Wafers beschrieben.

Beschreibung der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Überwachung von Ionen-unterstützten Bearbeitungsvorgängen an Wafers in einer Prozeßkammer anzugeben, mit dem

die für die Bearbeitungsführung wesentlichen Größen bzw. Bearbeitungsparameter mit möglichst geringem Aufwand praktisch gleichzeitig ermittelt werden können.

Erfindungsgemäße Lösungen dieser Aufgabe sind in den Ansprüchen 1, 4 bzw. 5 gekennzeichnet. Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ist erkannt worden, daß die für Ionen-unterstützten Bearbeitungsvorgänge an Wafern wichtigen Größen bzw. Prozeßparameter mittels Emissionsspektrographie von in der Prozeßkammer vorhandenen Arbeitsgasen ermittelt werden können. Dabei werden unter Arbeitsgase sämtliche in der Prozeßkammer vorhandenen Gase, also beispielsweise die von der Ionenquelle gelieferten Ionen (bzw. schnelle Neutralteilchen), das in der Kammer vorhandene Hintergrundgas (typischer Druck in der Arbeitskammer $\approx 10^{-6} - 10^{-7}$ mbar), zusätzliches in der Prozeßkammer vorhandenes Arbeitsgas, wie dies beim CAIBE-Verfahren oder Beschichten der Fall ist, oder Reaktionsprodukte von der Oberfläche verstanden.

Auf dem Weg zwischen Ionenquelle und Wafer-Oberfläche stößt ein Teil der Ionen mit Neutralteilchen in der Prozeßkammer zusammen. Diese Stoßprozesse führen mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit zu einer elektronischen Anregung der Stoßpartner. Das beim "Löschen" der elektronischen Anregung erzeugte Licht ist aufgrund der Geschwindigkeit der Stoßpartner im Vergleich zu thermischen Teilchen zu längeren Wellenlängen hin "Doppler-verschoben", also Rot-verschoben.

Aus dem Abstand des z.B. Rot-verschobenen Maximums und des nicht-verschobenen Maximums, das bei thermischen Teilchen

auftritt, läßt sich deshalb die Geschwindigkeit und damit die Energie der Teilchen berechnen (Anspruch 2).

Weiterhin werden mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit an der Wafer-Oberfläche reflektierte Teilchen elektronisch durch den Stoß mit dem Wafer angeregt. Bei diesen Teilchen tritt eine Blau-Verschiebung der Emissionslinien auf.

Auch aus dem Abstand des Blau-verschobenen Maximums von nicht-verschobenen Maximum läßt sich ebenfalls die Teilchen-Energie bestimmen (Anspruch 2).

Ferner läßt die spektrale Breite der Verteilung der Emissionen um das Rot-verschobene oder das Blau-verschobene Maximum Rückschlüsse auf die Strahldivergenz zu (Anspruch 3).

Weiterhin entsteht durch die Aufladung des Wafers eine Gegenspannung, die die Ionen abbremst, so daß die spektrale Rot- und die Blauverschiebung vermindert wird. Deshalb wird gemäß Anspruch 4 zur Erfassung einer eventuellen Aufladung des Wafers die spektrale Lage des Rot-und/oder Blau-verschobenen Maximums bzw. die zeitliche Änderung der spektralen Lage erfaßt.

Dies ermöglicht u.a. erstmals eine zuverlässige DC-Bias-Messung. d.h. eine Bestimmung der Potentialdifferenz zwischen Plasma und Wafer bei RIE-Bearbeitungsvorgängen. Bei kathodischer Extraktion (DC, HF oder NF) über eine Plasmarandschicht, wie dies beim RIE-Verfahren und bei RI-Depositionsverfahren der Fall ist, ist nicht nur über die Teilchenenergie die Bestimmung der sich selbsttätig einstellenden Potentialdifferenz, sondern insbesondere bei niedrigem Druck auch die Ermittlung der Energieverteilung

der Teilchen möglich.

Ein Teil des emittierten Lichts gelangt direkt in die Nachweisvorrichtung, während der andere Teil des in die Nachweisvorrichtung gelangten Lichts zunächst an der Wafer-Oberfläche reflektiert worden ist.

Handelt es sich bei dem Wafer um ein beschichtetes Wafer, beispielsweise um ein Si-Wafer mit einer darauf aufgetragenen SiO_2 -Schicht, so kommt es zu Interferenzen des an der oberen und an der unteren Grenzfläche reflektierten Lichts. Damit ist die Intensität des empfangenen Lichts schichtdickenabhängig.

Deshalb wird gemäß Anspruch 5 zur Erfassung der momentanen Dicke der bearbeiteten Schicht die zeitliche Änderung der Intensität der Blau-verschobenen oder der unverschobenen Spektrallinien und/oder die spektrale Lage des Blau-verschobenen Maximums erfaßt.

Sowohl die Größe der Rot- als auch der Blau-Verschiebung der Emissionslinien von in der Prozeßkammer vorhandenen Arbeitsgasen kann beispielsweise mit einem Monochromator mit einer nachgeschalteten Photomultiplier-Röhre oder mit anderen Nachweisvorrichtungen, wie Interferenzfiltern gemessen werden. In jedem Falle ist es bevorzugt, wenn die Nachweisvorrichtung die verschiedenen Emissionen kollinear, d.h. in der Achse des Ionenstrahls erfaßt (Anspruch 6). Dies hat sowohl den Vorteil, daß dann die Größe der gemessenen Verschiebung bei gegebener Teilchengeschwindigkeit am größten ist, als auch den Vorteil, daß die Schichtdickenbestimmung vereinfacht wird.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung beschrieben.

Es zeigen:

Fig. 1 den prinzipiellen Aufbau einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 2 bis 5 Meßergebnisse mit der in Fig. 1 dargestellten Vorrichtung.

Beschreibung von Ausführungsbeispielen

Die in Fig. 1 dargestellte Vorrichtung weist eine Ionenquelle 1 auf, die Ionen als Plasma liefert, aus dem eine Reihe von Gittern 2 einen Ionenstrahl 3 auf ein nicht dargestelltes Wafer beschleunigt. Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel wird eine Zweigitteroptik verwendet. Ausdrücklich soll darauf hingewiesen werden, daß die Ausbildung der Ionenquelle für das erfindungsgemäße Verfahren nicht entscheidend ist, und daß das erfindungsgemäße Verfahren beispielsweise auch dann anwendbar ist, wenn - wie beispielsweise beim RIE-Verfahren - Ionen aus einem Plasma heraus über ein sich selbsttätig einstellendes Potential auf Wände etc. beschleunigt werden, so daß im eigentlichen Sinne nicht vom einem Ionenstrahl gesprochen werden kann.

Die Ionen des Ionenstrahls stoßen entsprechend dem Gas-Hintergrunddruck in der Prozeßkammer (ca 10^{-7} - 10^{-6} mbar) mit anderen Teilchen zusammen. Dies ist in Fig. 1 durch das Bezugszeichen 4 symbolisiert. Dabei werden i.f. unter Gas bzw. Arbeitsgas sämtliche in der Prozeßkammer vorhandenen Gase, also beispielsweise die von der Ionenquelle gelieferten Ionen (bzw. rekombinierte Neutralteilchen), das in der Kammer vorhandene Hintergrundgas, zusätzliches

in der Prozeßkammer vorhandenes Arbeitsgas, wie die beim CAIBE-Verfahren der Fall ist, oder Reaktionsprodukte von der Oberfläche verstanden.

Diese Stoßprozesse führen mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit zu einer elektronischen Anregung der Stoßpartner. Das beim "Löschen" der elektronischen Anregung erzeugte Licht wird bei dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel mit einem Monochromator 5, der einen Photomultiplier 6 aufweist, nachgewiesen. Die Achse 5' des Monochromators 5 ist bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel unter einem Winkel $\Gamma = 30^\circ$ zur Achse des Ionenstrahls 3 angeordnet. Nach dem Stoß schließt die Bewegungsrichtung der "stoßenden Ions" mit der Achse des Ionenstrahls den Winkel α ein. v_G ist die Geschwindigkeit des Ions nach dem Stoß.

Im folgenden sollen anhand der Fig. 2 bis 5 Meßergebnisse mit der in Fig. 1 dargestellten Vorrichtung erläutert werden. Dabei sind im folgenden lediglich Messungen im Bereich der unverschobenen (neutralen) Argon-Linie $\lambda_0 = 696,543 \text{ nm}$ ($6965,43 \text{ \AA}$) dargestellt. Selbstverständlich können je nach Anwendungsfall nahezu beliebige Emissionslinien der verwendeten Ionen und/oder von in der Prozeßkammer vorhandenen Teilchen ausgewertet werden.

Fig. 2 zeigt ein typische Messung im Bereich der Ar I-Linie, wenn in der Prozeßkammer kein Substrat vorhanden ist. Zusätzlich zu der "scharfen" unverschobenen Emissionslinie n, die von thermischen Teilchen herrührt, beobachtet man ein kleineres "Rot-verschobenes" Maximum R, das von schnellen Teilchen herrührt.

Dabei ist die Wellenlängenverschiebung $\Delta\lambda$, d.h. der spektrale Abstand des unverschobenen Maximums n und des Rot-

verschobenen Maximums R, durch die Projektion der Teilchengeschwindigkeit v_α auf die Monochromatorachse 5' gegeben:

$$\Delta\lambda = \lambda_0 * v_\alpha * \cos(\Gamma \pm \alpha)$$

(λ_0 ist die Wellenlänge der unverschobenen Emissionslinie).

Da der Ablenkwinkel α u.a. eine Funktion der Strahldivergenz ist, lassen sich aus dem Abstand des Rot-verschobenen Peak-Maximums von unverschobenen Maximum die Teilchengeschwindigkeit und damit die Energie des Ionenstrahls bestimmen und aus der Breite des Rot-verschobenen Maximums zumindest qualitative Rückschlüsse auf die Divergenz des Ionenstrahls ziehen.

Fig. 3 zeigt den Einfluß unterschiedlicher Strahldivergenzen auf die "Form" des Rot-verschobenen Maximums. Dabei sind in Teilfigur (a) das Meßergebnis bei einem Strahl mit einer vergleichsweise großen Divergenz und in Teilfigur (b) das Ergebnis bei einem Strahl mit kleinerer Divergenz dargestellt. Die Strahldaten sind jeweils den Teilfiguren zu entnehmen. U_{Beam} bezeichnet die Beschleunigungsspannung und U_{acc} die am zweiten Gitter der Zwei-Gitter-Optik anliegende Spannung (bezogen auf 0 V).

Fig. 4 zeigt das Ergebnis, das man erhält, wenn im Ionenstrahl 3 ein Wafer angeordnet ist. Durch Reflexion an der Waferoberfläche tritt auch ein zu kürzeren Wellenlängen (Blau-verschobenes) Maximum B auf, aus dessen Abstand vom unverschobenen Maximum sich wiederum die Teilchenenergie bestimmen und aus dessen Breite sich Informationen über die Strahldivergenz gewinnen lassen.

Fig. 5 zeigt die zeitliche Variation der Intensität des "Blau-verschobenen" Maximums bei einem beschichteten Wafer. Aufgrund der kurzen Lebensdauer (ca. 10-100 ns) der elektronisch angeregten Zustände erfaßt man im Emissionsspektrum nur Teilchen, die sich in einem Bereich mit einer Dicke von einigen Millimetern über der Wafer-Oberfläche befinden. Ein Teil des emittierten Lichts gelangt direkt in die Nachweisvorrichtung, während der andere Teil des in die Nachweisvorrichtung gelangten Lichts zunächst an der Wafer-Oberfläche reflektiert worden ist.

Handelt es sich bei dem Wafer um ein beschichtetes Wafer, beispielsweise um ein Si-Wafer mit einer darauf aufgetragenen SiO_2 -Schicht, so kommt es zu Interferenzen des an der oberen und an der unteren Grenzfläche reflektierten Lichts. Damit ist die Intensität des empfangenen Lichts schichtdickenabhängig.

Bei dem in Fig. 5 exemplarisch dargestellten Bearbeitungsvorgang "Sputtern" ergibt sich ein rein sinusförmiges Interferenzsignal, aus dessen "Periode" sich die Ätzrate R_a nach folgender Formel bestimmen läßt:

$$R_a = \lambda / 2 \cdot t \cdot \sqrt{(n^2 - \sin^2 \Gamma)}$$

hierbei ist t der zeitliche Abstand zweier Maxima (Minima) und n der Brechungsindex der oberen Schicht.

Ist bei dem dargestellten Beispiel die Oxidschicht abgetragen, so ändert sich das Signal nicht mehr, so daß man eine zuverlässige Endpunkt-Kontrolle erhält.

Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel schließen die Achse 5' des Monochromators 5 und die Achse des Ionenstrahls 3

einen Winkel $\Gamma < 0^\circ$ ein. In vielen Anwendungsfällen ist es jedoch bevorzugt, wenn der Winkel $\Gamma = 0^\circ$ ist, da dann die Schichtdickenbestimmung erleichtert wird und die Verschiebung der Maxima bei gegebener Teilchengeschwindigkeit am größten ist. Dies kann durch die Verwendung einer "durchsichtigen" Quelle 1 realisiert werden, "hinter" der die Nachweiseinrichtung für das emittierte Licht angeordnet ist. Von besonderem Vorteil bei der Verwendung der verschobenen Linien ist nämlich, daß es auf diese Weise möglich ist, durch die Ionenquelle und die Extraktionsoptik "hindurchzusehen".

Weiterhin ist es zur Bestimmung der Ätzrate auch möglich, die nicht verschobene Emissionslinie auszuwerten. Für die Auswertung ist eine spektrale Trennung der Linien nicht erforderlich. Als Nachweisvorrichtung können auch andere Vorrichtungen, wie Interferenzfilter mit nachgeschalteten Photomultipliern oder anderen Lichtempfängern verwendet werden.

In jedem Falle hat das erfindungsgemäße Verfahren jedoch den Vorteil, daß ohne zusätzliche Lichtquelle nahezu gleichzeitig die Bestimmung der Ionenenergie, der Strahldivergenz, der Schichtdicke und des Bearbeitungsendpunktes sowie der Aufladung des Wafers möglich ist.

Gewerbliche Anwendbarkeit

Die Erfindung kann zur Überwachung sämtlicher Ionen-unterstützter Bearbeitungsvorgänge und insbesondere beim Abtragen von Material sowie beim Auftragen von Material bzw. Beschichten von Halbleiter-, Metall-, Glas- oder Kunststoffsubstraten verwendet werden.

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zur Überwachung von Ionen-unterstützten Bearbeitungsverfahren an Wafern in einer Prozeßkammer, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bestimmung der Energie der Ionen und/oder der Divergenz des Ionenstrahls die Rot-Verschiebung und/oder die sich durch Reflexion von Ionen und/oder Neutralteilchen an der Wafer-Oberfläche ergebende Blau-Verschiebung von Emissionslinien von in der Prozeßkammer vorhandenen Gasen bestimmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Energie der Teilchen des Strahls aus dem Abstand des oder der verschobenen Maxima und des nicht verschobenen Maximums bestimmt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Divergenz des Strahls aus der Breite des Rot-verschobenen und/oder des Blau-verschobenen Maximums bestimmt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3 oder nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erfassung einer eventuellen Aufladung des Wafers die spektrale Lage des Rot-und/oder Blau-verschobenen Maximums bzw. die zeitliche Änderung der spektralen Lage erfaßt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4 oder nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erfassung der momentanen Dicke der bearbeiteten Schicht die zeitliche Änderung der

Intensität der Blau-verschobenen oder der unverschobenen Spektrallinien und/oder die spektrale Lage des Blau-verschobenen Maximums erfaßt wird.

6. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Nachweisvorrichtung die Emissionen durch die Ionenquelle hindurch erfaßt.

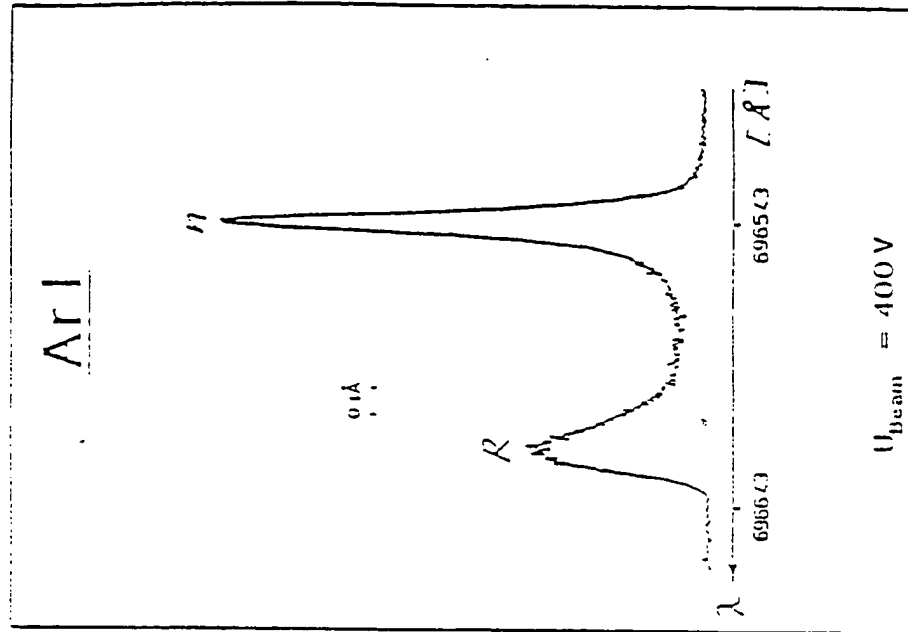


Fig. 2

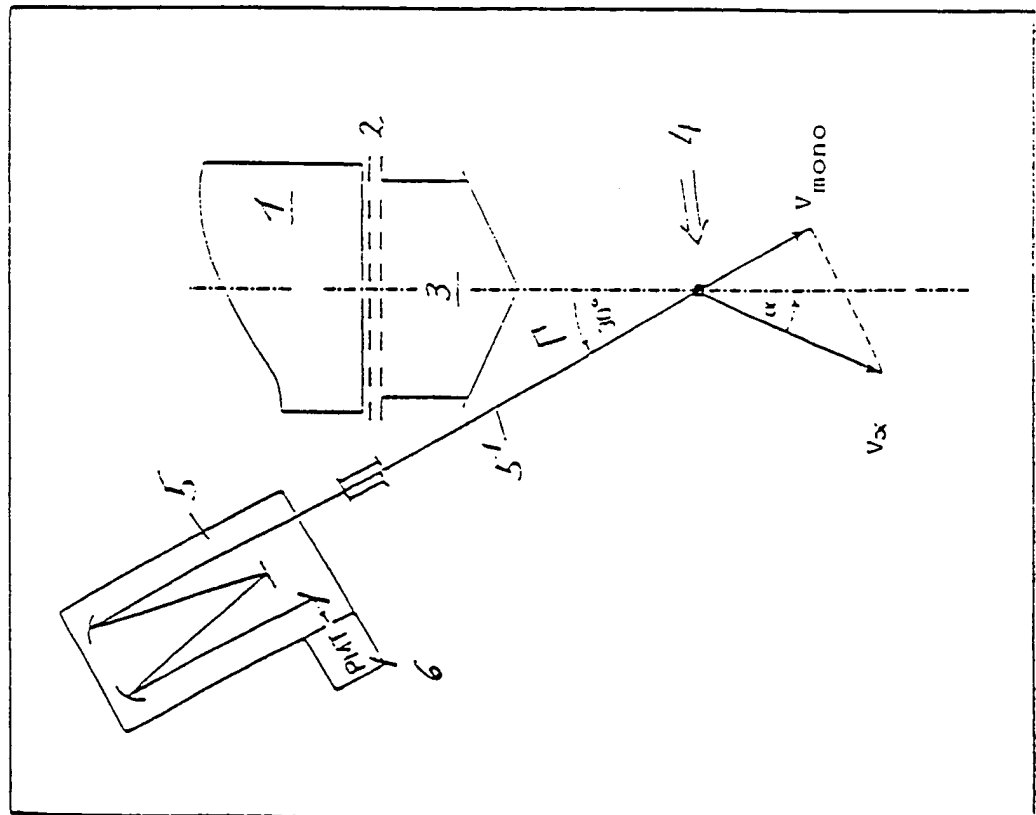
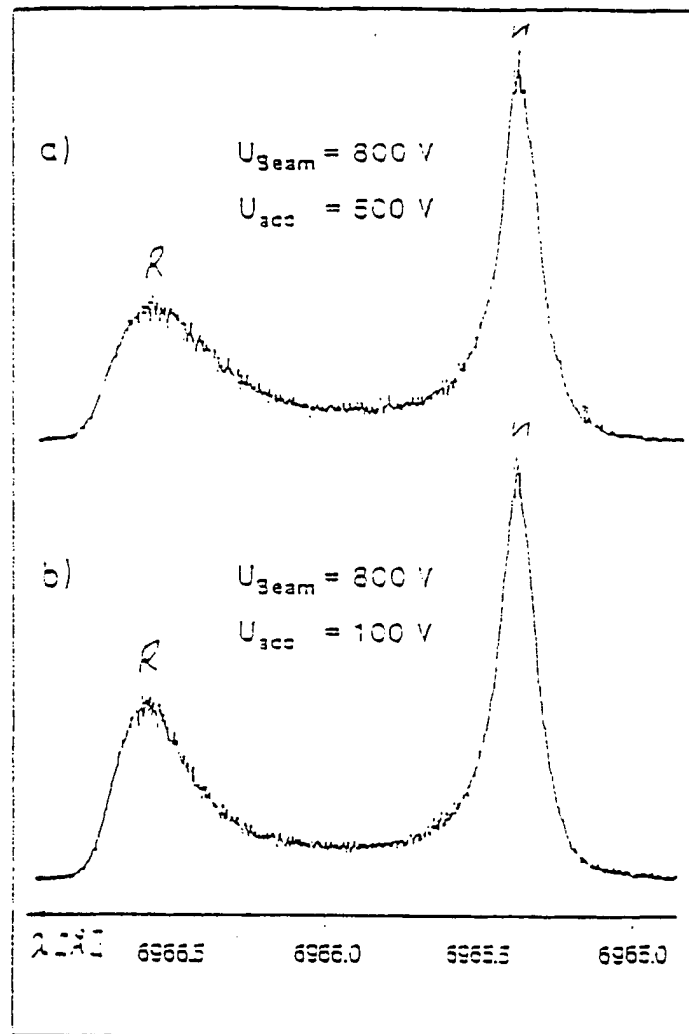


Fig. 1

2/3

Fig. 3

ERSATZBLATT

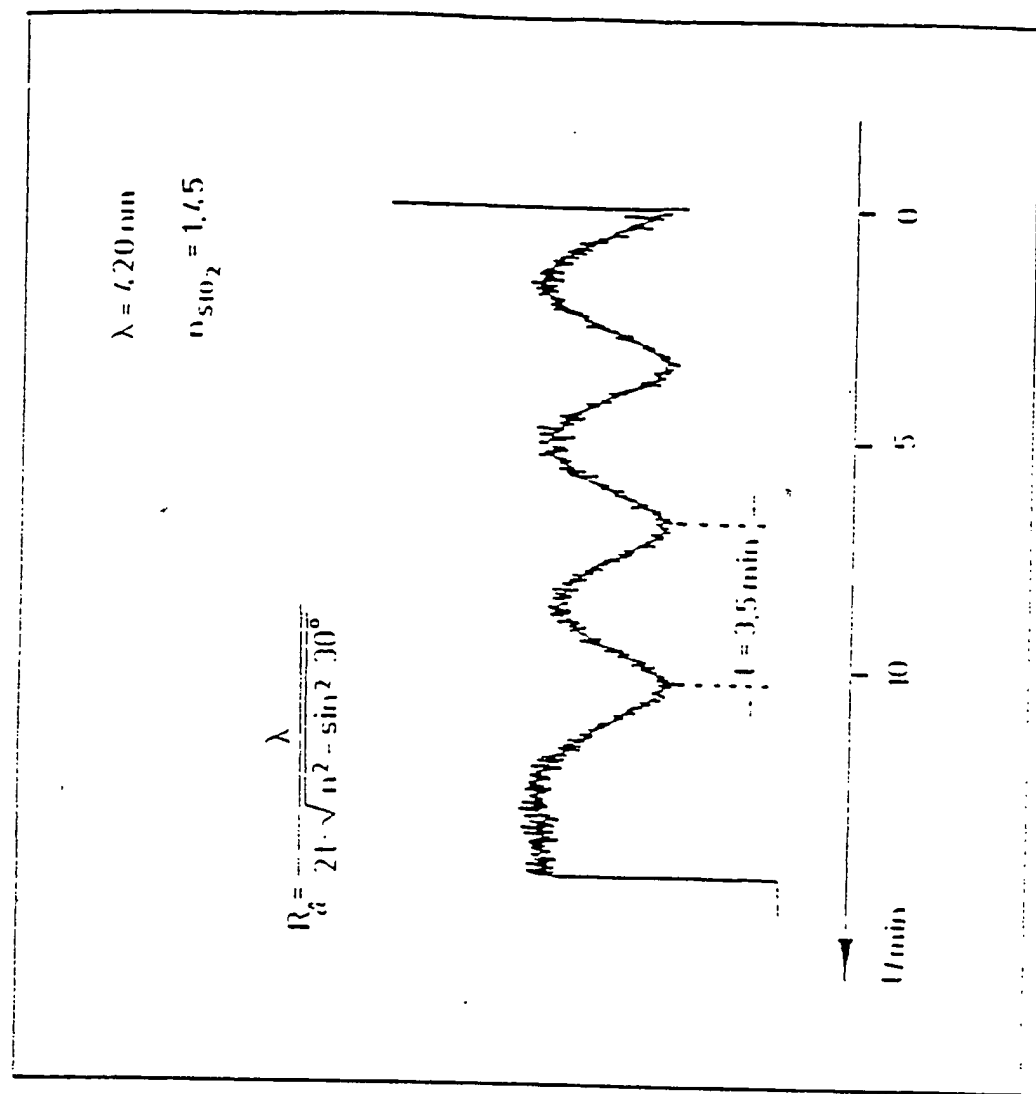


Fig. 5

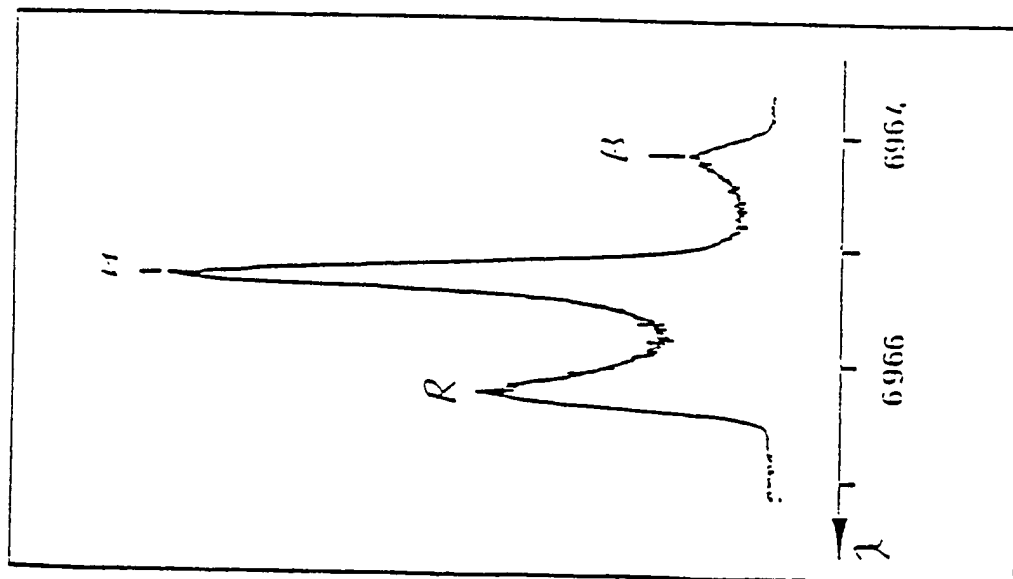


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/DE 90/00255

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (If several classification symbols apply, indicate all) ⁶		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC Int.Cl. ⁵ : H 01 J 37/32; H 01 J 37/304; G 01 N 21/62; H 01 J 37/305		
II. FIELDS SEARCHED		
Minimum Documentation Searched ⁷		
Classification System ¹	Classification Symbols	
Int.Cl. ⁵ : H 01 J; G 01 N		
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched ⁸		
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT ⁹		
Category ¹⁰	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³
P,X	APPLIED PHYSICS LETTERS. vol. 55, No: 14, 2 October 1989, New York US pages 1474 - 1476; Heinrich et al.: "New and simple optical method for in-situ etch rate determination and endpoint detection" see the whole document --	1
Y	REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS. vol. 51, No: 11, November 1980, New York US pages 1451 - 1462; Burrell et al.: "Doppler shift spectroscopy of powerful neutral beams" see abstract	1
A	see page 1453, left column, paragraph 2 - end of right column --	3
Y	JOURNAL OF APPLIED PHYSICS. vol. 53, No: 6, June 1982, New York US pages 4389 - 4394; Dzioba et al.; "Optical spectroscopy during reactive ion beam etching of Si and Al targets" see pages 4389 - 4390 --	1
A	JOURNAL OF VACUUM SCIENCE AND TECHNOLOGY: PART B. vol. 3, No: 5, September 1985, New York US ./	11
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>¹⁰ Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>"&" document member of the same patent family</p> </div> </div>		
IV. CERTIFICATION		
Date of the Actual Completion of the International Search	Date of Mailing of this International Search Report	
29 June 1990 (29.06.90)	17 July 1990 (17.07.90)	
International Searching Authority	Signature of Authorized Officer	
European Patent Office		

II. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT (CONTINUED FROM THE SECOND SHEET)

Category *	Citation of Document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to Claim No.
------------	--	-----------------------

	pages 1543 - 1545; Husinsky et al.: "Doppler shift laser fluorescence spectroscopy of sputtered and evaporated atoms under Ar ⁺ bombardment" see the whole document	
--	---	--

I. KLASSIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben) ¹		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
Int.Kl. 5 H01J37/32 ; H01J37/304 ; G01N21/62 ; H01J37/305		
II. RESEARCHIERTE SACHGEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff		
Klassifikationssystem	Klassifikationssynbole	
Int.Kl. 5	H01J ; G01N	
Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen ²		
III. EINSCHLAGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN ³		
Art	Kennzeichnung der Veröffentlichung ¹¹ , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile ¹²	Betr. Anspruch Nr. ¹³
P, X	APPLIED PHYSICS LETTERS. vol. 55, no. 14, 02 Oktober 1989, NEW YORK US Seiten 1474 - 1476; Heinrich et al.: "New and simple optical method for in-situ etch rate determination and endpoint detection" siehe das ganze Dokument ---	1
Y	REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS. vol. 51, no. 11, November 1980, NEW YORK US Seiten 1451 - 1462; Burrell et al.: "Doppler shift spectroscopy of powerful neutral beams" siehe Zusammenfassung	1
A	siehe Seite 1453, linke Spalte, Absatz 2-Ende rechter Spalte ---	3
<p>¹⁰ Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen:</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"I" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benützung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"I" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>"R" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>		
IV. BESCHENIGUNG		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts	
29. JUNI 1990	17. 07. 90	
Internationale Recherchenbehörde	Unterschrift des bevollmächtigten Repräsentanten	
EUROPAISCHES PATENTAMT	SCHAUB G.G. <i>P. Schaub</i>	

III. EINSCHLAGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN (Fortsetzung von Blatt 2)

Art	Kennzeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	<p>JOURNAL OF APPLIED PHYSICS. vol. 53, no. 6, Juni 1982, NEW YORK US Seiten 4389 - 4394; Dzioba et al.: "Optical spectroscopy during reactive ion beam etching of Si and Al targets" siehe Seiten 4389 - 4390</p> <p style="text-align: center;">---</p>	1
A	<p>JOURNAL OF VACUUM SCIENCE AND TECHNOLOGY: PART B. vol. 3, no. 5, September 1985, NEW YORK US Seiten 1543 - 1545; Husinsky et al.: "Doppler shift laser fluorescence spectroscopy of sputtered and evaporated atoms under Ar⁺ bombardment" siehe das ganze Dokument</p> <p style="text-align: center;">---</p>	11